JAXA's

[ジャクサス] May 2011
宇宙航空研究開発機構機関誌
No.038

宇宙の素顔をとらえるために

世界をリードする日本のX線天文学とX線天文衛星

「すざく」美術館

イトカワ試料 初期分析の舞台裏を聞く

“宇宙の詰まった”ボトルが伝えるメッセージ
「手に取る宇宙」の舞台裏

CONTENTS

表紙：3月7日、ISS分離後のスペースシャトル「ディスカバリー号」から撮影された国際宇宙ステーション。金色に輝く「こうのとり」２号機をはじめ、欧州補給機「ATV」、ロシアのソユーズ宇宙船、「きぼう」日本実験棟が見える ©JAXA/NASA

INTRODUCTION

予測をはるかに超える規模の地震と津波が日本を襲いました。大きな被害に遭われている方々、福島原発を含め命の危険と日々闘っておられる皆さんに対し、衷心からのお見舞いと激励を申し述べさせていただきます。

JAXAの施設のうち、宮城県の角田宇宙センターはライフラインが止まり復帰までかなりの時間を要し、そして茨城県の筑波宇宙センターも被害を受けたため「きぼう」と「こうのとり」２号機の管制・運用を一時的にNASAにお願いしました。その復旧に取り組むと同時に、現在軌道上にある「だいち」、「きずな」、「きく８号」といったJAXAの衛星は、災害状況の把握や地上の情報ネットワークのサポートに活躍しています。

世界中から流れてくる報道を見ると、経済的にも技術的にも、私たちの国が世界にとってどれほど大きな大切な存在になっているかを実感させられます。そして胸のつぶれるような状況でさまざまな不便を相手にしておられる東北地方を中心とする被災地のみなさんの、悲惨な状況下での助け合いと思いやりと静かな威厳に満ちた態度に対し、世界中の人々から称賛の声が寄せられています。

「東北人の粘り強さとど根性」を軸に、日本中の人々の力を集結してこの未曾有の危機を乗り越えた時、私たちはどこにも負けない力を持った国民として、世界の舞台に再登場することができるでしょう。皆さんの現場のご苦労を思うと、その闘いに十分に合流できないもどかしさと無力を感じますが、私たちは直接・間接にあらゆる努力をつづけます。明日を信じて力強く頑張りつづけてくださるよう、心からお願いし期待しております。

技術参与　的川泰宣

「こうのとり」2号機、全ミッション完了！

1月22日、国際宇宙ステーション（ISS）へ実験機器や食料などの生活品を届けるために飛び立った宇宙ステーション補給機「こうのとり」2号機は、3月29日にISSを離脱。機体には、東日本大震災で被災された方々への復興の願いを込めて宇宙飛行士が折った折り鶴が入れられ、被災地の上空を通過しました。そして、3月30日午後0時9分頃大気圏に再突入し、すべてのミッションを完了しました。JAXAでは、2012年、13年と毎年1機ずつの打ち上げを予定しており、高い技術力で世界の宇宙開発に貢献していきます。

1月22日 種子島宇宙センターから打ち上げ

1月27日、28日 ISSのロボットアームで把持しISSとドッキング

1月28日 ISS滞在中の宇宙飛行士が「こうのとり」２号機に入室。ISSへの貨物の移送作業スタート

2月1日 「こうのとり」２号機の補給キャリアから曝露パレットを取り出し、「きぼう」船外プラットフォームに取り付け

2月18~19日 スペースシャトル「ディスカバリー号」のISSドッキングに備えてISS第2結合部「ハーモニー」の天頂側ポートへ「こうのとり」２号機を移設

全ミッション完了後の管制室

3月11日 ディスカバリー号のISS分離後に、結合ポートを元に戻す作業が完了。画像はハーモニー天頂側のポートから取り外された「こうのとり」２号機

3月22日 11日に発生した東日本大震災の影響で、筑波宇宙センターでの運用管制を一時中断。設備の点検、再立ち上げが完了し運用管制を再開

3月28日 ISS滞在中の宇宙飛行士が被災された方々へお見舞いと復興への願いを込めて折り鶴を折り、「こうのとり」２号機に搭載

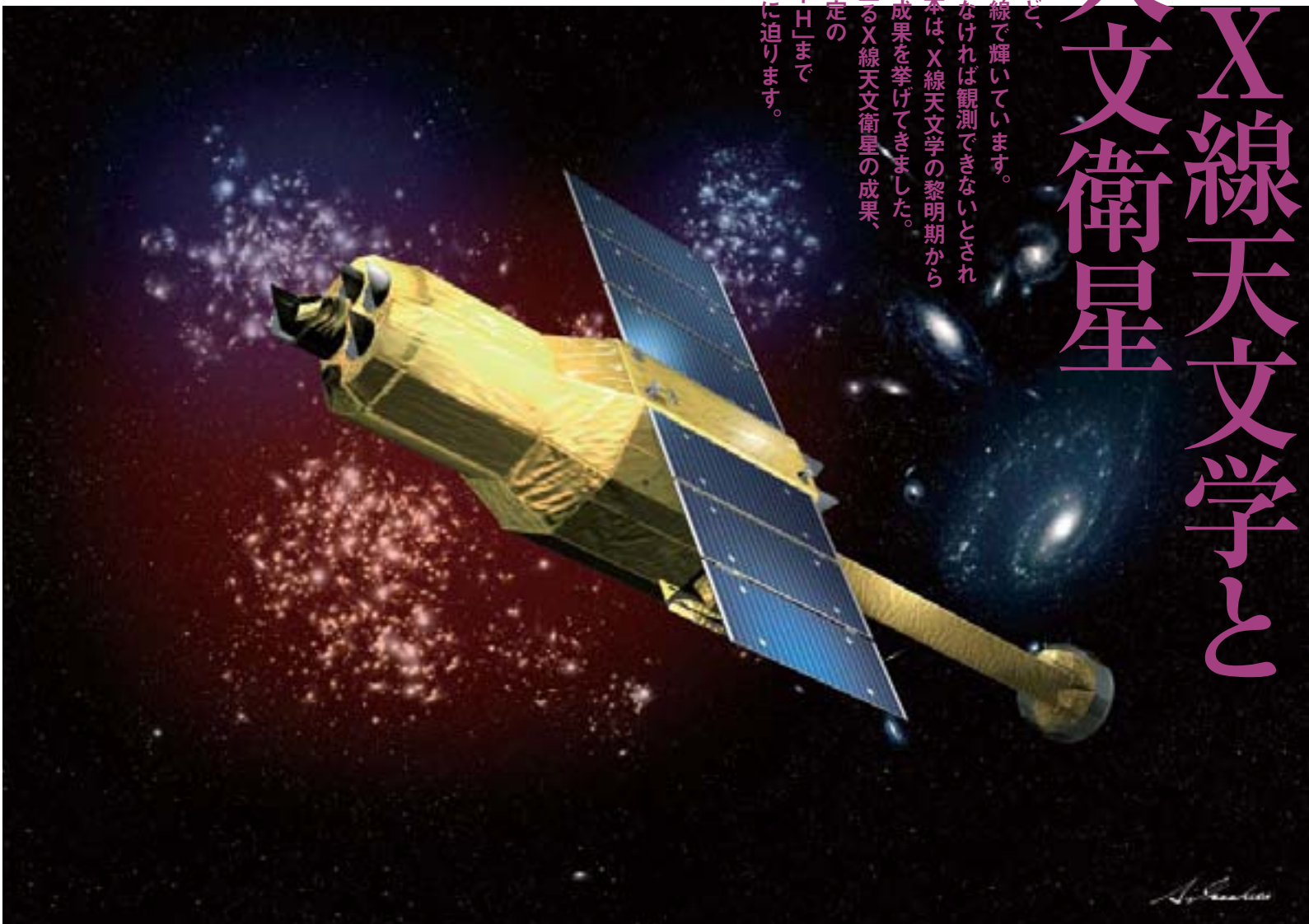
3月29日 ISSで不要となった廃棄物2.4トンを積み込み、午前0時46分にISSから離脱。その後、3月30日午後0時09分に大気圏に再突入し、全ミッション完了

画像：管制室以外は©JAXA/NASA

特集 宇宙の素顔をとらえるために

世界をリードする日本のX線天文学とX線天文衛星

超新星爆発やブラックホールなど、激しい活動をしている天体はX線で輝いています。宇宙の物質の80％以上はX線でなければ観測できないとされ多くの謎に包まれています。日本は、X線天文学の黎明期から着実にX線天文衛星を打ち上げ成果を挙げてきました。「はくちょう」から「すざく」に至るX線天文衛星の成果、そして2013年度打ち上げ予定の次期X線天文衛星「ASTRO-H」までX線が解き明かす新しい宇宙像に迫ります。

牧島一夫
MAKISHIMA Kazuo
東京大学大学院理学系研究科
理学部物理学専攻　教授

©池下章裕

ハツカネズミと「すだれコリメータ」

―X線で宇宙を観測すると、どんなものが見えてくるのでしょうか。

牧島 X線は宇宙でもエネルギーが集中しているところ、温度が高いところ、物質が衝突しているところ、あるいは非常に重力が強いところなどから出ています。たとえば太陽のコロナの温度は100万～200万度で、そこからはX線が出ています。それからブラックホールにガスが落ちていくとき、ガスの温度が高くなってX線を出しながら最後はのみ込まれて行きます。

―X線を出す天体は宇宙に出ないと観測できませんね。X線での観測が始まったころのことをお聞かせ下さい。

牧島 宇宙からX線が来ていることは長い間誰も知らなかったのですが、1949年にまず太陽からX線が来ていることが分かりました。62年になって、アメリカのリカルド・ジャッコーニらがガイガー計数管をロケットに載せて打ち上げ、太陽系外からもX線が来ていることを発見しました。その後、次々と気球実験や観測ロケット実験が行われました。そして70年に世界最初のX線観測衛星「ウフル」が打ち上げられ、全天がくまなく調べられたのです。小田稔先生は宇宙からのX線が最初に発見された62年にちょうどマサチューセッツ工科大学（MIT）に留学しておられ、新しい学問が誕生する現場を目の当たりにされました。そして日本に戻られて、この分野を切り開かれたわけです。

―X線は光と違って観測が難しい。そこで小田先生が考案されたのが「すだれコリメータ」でした。

牧島 X線観測が難しい理由の1つは、反射や屈折が非常に起きにくく、カメラのように撮像することができないことです。小田先生がMITにおられた時、町のペットショップでハツカネズミが車を回していた。車のこっち側の棒と向こう側の棒がシマシマになって、それで模様がきれいに見えた。それでひらめいたというのが、ご本人のお話です。小田先生は私の恩師ですが、先生はそれからいろいろ改良を重ね、私が大学院に入った時には「君はすだれコリメータの数学的な原理を研究しなさい」と言われました。天皇陛下にお見せする「天覧のコリメータ」という模型がありまして、「牧島君、これを調整しなさい」と言われ、やらせていただいたこともあります。

―初期のX線天文学の発展に「すだれコリメータ」が果たした役割は大きかったのではないですか。

牧島 そうですね。天体の位置を正確に決めたり、形を測ったりするのに、ずいぶん活躍しました。私も博士論文で「すだれコリメータ」を使って、かに星雲というX線源の形を測るという実験を行いました。大変難しい実験だったのですが、数回目の気球観測でようやく良い像が得られました。太陽観測衛星「ようこう」は、この原理をさらに発展させた技術を使って太陽フレアの撮像を行いました。「ようこう」に使ったものが、小田先生の「すだれコリメータ」の一番完成した形ということになります。

「はくちょう座X-1」がブラックホール候補に

―初期のX線天体観測というと、やはりブラックホールとの関連が大きかったのですか。

牧島 おっしゃるとおりです。いろいろ調べて行くと、はくちょう座に強いX線天体が3つ見つかり

Q X線とはどんなもの？どこから出ているの？

X線は光の一種。紫外線や赤外線も「光＝電磁波」の一種で、人間が肉眼で見ることのできる可視光も同様。光のエネルギーと温度は密接な関係があり、低い温度なら低いエネルギーの光、高い温度なら高いエネルギーの光を出している。人間の場合、体温が約36℃なので、赤外線を出している。X線のエネルギーは赤外線や可視光に比べ数十倍から数十万倍と非常に大きく、X線を放つものの温度は数百万～1億℃という超高温。超新星爆発やブラックホールなど激しく活動している領域から出ている。エネルギーが高いので透過力に優れているが、宇宙からのX線は地球の厚い大気に吸収され、地表には届かない。

電波　赤外線　可視光　紫外線　X線　ガンマ線
低い ← エネルギー → 高い
低い ← 温度 → 高い
長い ← 波長 → 短い

世界のX線天文学を牽引する日本のX線天文衛星たち

■はくちょう

1979年2月21日に打ち上げられた日本初のX線天文衛星。日本のX線天文学の創始者の1人である小田稔氏が開発したX線天体観測機「すだれコリメータ」を搭載した。これは広い視野を持ち、視野の中のX線源の位置を正確に決めることができる観測装置で、X線バーストと呼ばれ、数秒間X線が10倍程度に強くなる現象を示す天体を新たに8つ発見した。さらに、X線バースト中に中性子星の大気が膨らむ現象が起こることを明らかにし、これを使って銀河中心まで距離を推定した。

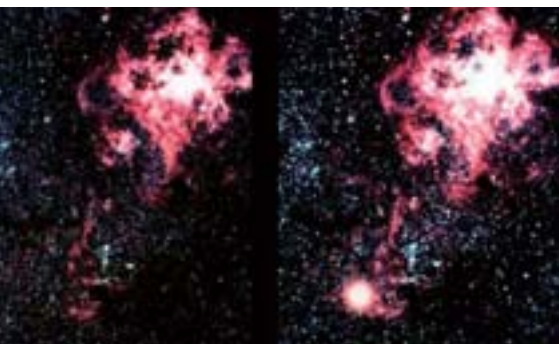
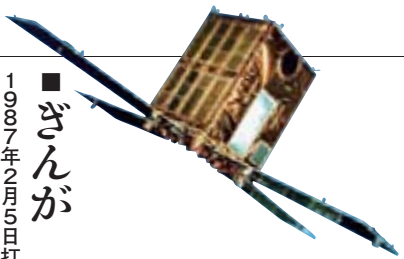
写真下：「すだれコリメータ」を備えた軟X線検出器

■てんま

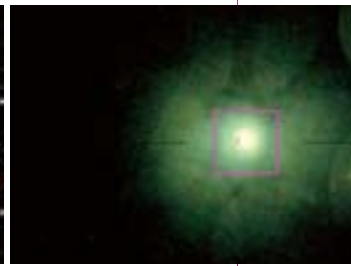
1983年2月20日打ち上げ。観測装置の性能向上を図り、銀河系の外まで観測範囲を拡大した。姿勢制御用ホイールの異常や電気系統の停止などのトラブルに見舞われたが、多くの観測をこなした。銀河系の銀河面に沿って高電離した鉄輝線放射が存在するなどの成果を挙げた。

写真下：「てんま」に搭載された蛍光比例計数管。「はくちょう」に搭載した検出器よりエネルギー分解能を向上させている

■ぎんが

1987年2月5日打ち上げ。その直後の2月23日に4世紀ぶりに大マゼラン雲に超新星が出現し、この超新星が出す宇宙X線の観測に成功した。また、超新星残骸、暗黒星雲内部の高温プラズマ、連星で発生したフレア、クエーサーのスペクトルなどを観測・発見した。91年11月1日に大気圏に突入したが、観測機器は最後まで正常に作動し、約1100のX線天体を観測し、国内外の研究者がデータ解析を行った。

写真上：大マゼラン雲中の超新星。以前に撮影されたもの(左)と同じ視野にはっきりと見える。1987年2月27日、オーストラリアのサイディングスプリング天文台撮影

X線で宇宙はどう見える？

可視光で見たペルセウス座銀河団
©Jean-Charles Cuillandre（CFHT）&Giovanni Anselmi（Coelum Astronomia）, Hawaiian Starlight

X線で見たペルセウス座銀河団。X線天文衛星「あすか」で取得されたX線画像に、「すざく」で観測を行った範囲（ピンクの四角）を重ねてある。X線でのみ観測することのできる高温（1千万度から1億度）のプラズマが見えている

X線を観測する前に私たちが見ていた宇宙は、可視光で見える星や銀河が主体だった。それに対してX線で見える宇宙は、熱く激動する宇宙。こうした激しい現象が百数十億光年の彼方から、私たちの銀河に至るまで、宇宙の様々な領域で起きていることが分かっている。

ました。私たちは「はくちょう3兄弟」と呼んでいます。そのうちの「はくちょう座X―1」という天体が、小田先生は特にお好きでした。なぜかというと、「はくちょう座X―1」は1秒よりも短い時間で激しく変動していることが分かったからです。1秒で変動するには太陽よりもずっと小さくなければいけないし、X線を出すほどの特殊な状況にあるわけですから、これはブラックホールかもしれない。小田先生は71年に、こうした可能性を論文に書かれ、これが実在の天体をブラックホールと関係づけた最初の論文になったのです。70年代半ばには「はくちょう座X―1」はほぼ間違いなくブラックホールであろうと認められました。ですからX線天文学にとって、その発足当時から、ブラックホールは非常に大きな意味をもっていました。

——その後、日本はX線天体を観測する衛星を継続して打ち上げていくわけですね。

牧島　日本は76年に最初のX線天文衛星「CORSA」を打ち上げたのですが、これは失敗しました。小田先生は大変な苦労をされて、3年後に「はくちょう」を打ち上げます。当時アメリカではアインシュタイン天文台という、はるかに能力の高いX線天文衛星を打ち上げていました。しかし、自分たちで衛星を打ち上げてデータを手に入れると、非常に面白いことができるのが分かりました。

——その「はくちょう」ですが、その名前は「はくちょう座X―1」から来ているのですか。

牧島　そうですね。宇宙科学研究所では、科学衛星が打ち上がると、関係者が投票などでその愛称を決めるわけです。多くの人は「ぎんが」になるだろうと思っていたのですが、小田先生はやはり「はくちょう座X―1」に非常に思いがあったので、愛称も「はくちょう」となりました。「はくちょう」はある意味でわれわれにとって練習台で、本当に日本が新しい発見をしはじめたのは次の「てんま」の時代からです。われわれの銀河系全体からX線が出ているのを観測したり、ブラックホールと中性子星を区別する手法を開発したり、世界をリードする成果を出しはじめたのは「てんま」の時代だと思っています。

——海外の研究者との交流も、早い段階からあったのでしょうね。

牧島　小田先生や早川幸男先生、昨年11月に文化功学者に叙せられた田中靖郎先生など、その世代の方は現在の私たち以上にコスモポリタンで、そのお陰で、アメリカ、ヨーロッパ、そして日本を中心としたアジアという3極で研究を進める体制が出来上がりました。「ぎんが」ではイギリスと非常に緊密な協力をしましたし、「あすか」ではアメリカと一緒に作業をしました。アメリカやヨーロッパでなかなか予算が付かなくて新しい衛星が上がらないときにも、日本は小さいながらも着実にX線天文衛星を打ち上げてきたことは、世界的に非常に高く評価されています。

——今「すざく」が活躍していて、これから「ASTRO―H」が上がるわけですけれども、研究者の立場から「ASTRO―H」にはどんな期待をされていますか。

牧島　私はエネルギーの高いX線に興味を持っていますが、これはなかなか観測が難しく理解が遅れていた部分なのです。ブラックホールに落ちて行く物質の挙動、磁場の強い中性子星、巨大な銀河団の中で起きている粒子加速などを、エネルギーの高いX線で見たいと思っています。「ASTRO―H」はスペクトルだけでなく画像も得られますので、理解が進むのではないかと思っています。

——画像で見えるのはたしかに大事ですね。先生が博士論文で研究された「かに星雲」も、アメリカのチャンドラX線観測衛星がすばらしい画像を提供していますね。

牧島　あれはすごいですね。ドーナツ状の星雲の中心にパルサーがある。実はあの画像が出る20年前に、私は気球観測でほぼあれに匹敵する画像を出していました。チャンドラの画像を見た時に、自分は「ああ、嘘を言っていなかった」と安心いたしました。

自分で作った新しい装置で新しい世界を見てみたい

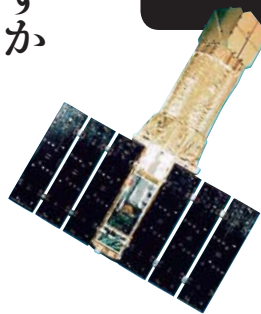
——先生の実験室は工作室のような感じですね。

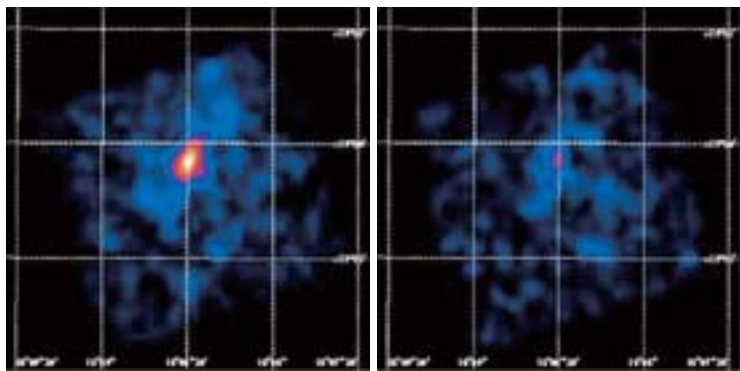
牧島　自分で装置を作って、その新しい装置で新しいものを見てみたいと思っています。それで、毎日この実験室で大学院生を中心に、電子回路を作ったり接着剤をこねたりアルミの棒を曲げたり、非常に泥くさいことをしています。言い方はよくありませんが、他人が作った装置から出てきたデータというのは、それを使って研究をしても、いま1つ燃えないのです。自分たちが数年間、徹夜をしながら命を削って作った装置から出たデータというのはやはり貴重です。アメリカやヨーロッパでは残念なことに、装置を作る研究者と、それから出て来るデータを使う研究者とは、かなり分業になっています。私たちはそうならないように頑張っています。

——日本の若い研究者にどういったところを期待されますか。

牧島　X線を検出するにはいろいろな方法があります。教科書に書いてあるものや、先輩が作ったものを受け継ぐだけではなく、ぜひ自分の頭で世界にない新しい装置を考えて、小さくてもよいので自分のアイデアが詰まった衛星を開発してほしいですね。

X線観測衛星「チャンドラ」による、かに星雲とその中心にある中性子星（パルサー）のX線画像。白いところほどX線の輝度が高い。Image courtesy NASA/CXC/SAO/F. Seward et al.

世界のX線天文学を牽引する日本のX線天文衛星たち

■あすか

1993年2月20日打ち上げ。X線集光結像望遠鏡を搭載するとともに、エネルギー分解能を「てんま」からさらに向上させた。2000年、軌道高度の低下と巨大太陽フレアの影響で観測が不可能になるまで、X線背景放射の解明や巨大ブラックホールの周辺現象の解明などを目的とする約2000の天体の観測を行った。観測データに基づく査読付き学術誌に掲載された論文数は、10年11月時点で1600編を超えている。

「あすか」が観測したガンマ線バーストのX線残光。
右は発生から約1日後、左は2日後

■すざく

2005年7月10日打ち上げ。11年4月現在も運用中で、高度約570km上空の円軌道を周回しながら観測を行っている。口径400mmのX線望遠鏡が5つ配置されており、1つは従来のものに比べて10倍以上の分解能を持つ軟X線分光器、残り4つがX線領域で高品質で色鮮やかな撮影が可能なX線CCDカメラとなっている。その他、硬X線検出器も搭載されており、広い範囲のX線を一度に観測できるよう設計されている。残念なことに打ち上げ後の05年8月、軟X線分光器を冷却する液体ヘリウムが気化してしまうトラブルが発生し、軟X線分光器は使用できなくなってしまったが、残り4台のX線CCDカメラと硬X線検出器による観測が続けられている。「すざく」は、超新星の残骸などからの非熱的なX線・ガンマ線放射の研究、銀河団の高温プラズマからのX線放射の観測による宇宙の構造と進化の研究、ブラックホールからのX線観測による輻射機構と重力構造の解明などを主目的として開発された。主に国際公募によって選ばれた天体を年間150〜200個程度観測しており、観測データは観測を提案した研究者に渡されたのち順次公開されている。「すざく」の観測により、宇宙線の一部が超新星によって加速するという仮説の証拠が得られつつある。また、「あすか」が観測したブラックホールの鉄輝線放射に見られる特徴的な広がった構造が、ブラックホール周辺の強い重力場によるものであるという可能性が、「すざく」の観測によってさらに高まった。

次期X線天文衛星「ASTRO-H」ビッグサプライズを世界に

2013年度に打ち上げが迫る「ASTRO-H」は、今までにない高性能な検出器を搭載した最新鋭のX線天文衛星です。世界最高レベルのエネルギー分解能を持つ観測装置を搭載し、X線からガンマ線までの広大なエネルギー（波長）範囲をこれまでにない感度で観測。宇宙がどのようにして今の姿になったのか、進化の謎を解明します。X線天文学を次のステージへと導く〝ビッグサプライズ〟が期待される「ASTRO-H」。そのミッションについて、高橋忠幸プロジェクトマネージャに話を聞きました。

高橋忠幸
TAKAHASHI Tadayuki
「ASTRO-H」
プロジェクトマネージャ
高エネルギー天文学研究系　教授

桁違いの観測能力で宇宙の構造を解明

——X線による天文学とはどのようなものですか。

高橋　X線は波長の短い電磁波で、宇宙の非常に強い重力場や高温領域といった極限環境から出ています。人類は可視光で物を見るように進化してきました。X線は大気で吸収されてしまうため、誰もX線を放射する天体がこんなに多くあって、X線で宇宙が観測できることを信じていませんでした。人類が大気圏外にロケットを上げられるようになり、X線の観測装置を打ち上げて初めて、宇宙がX線で輝いていることが分かったのです。X線天文学は、こうした〝サプライズ〟から始まりました。現在では、宇宙で観測できる物質の80%から90%は、X線で輝くような高い温度にあると言われています。そして、巨大ブラックホールの近傍から銀河、銀河が集まってできた銀河団、さらに宇宙の大構造に至るまで、その成り立ちを明らかにするためにX線観測が不可欠であると考えられています。

——X線天文学におけるASTRO—Hの位置づけはどうなっていますか。

高橋　現在稼働している大型のX線観測衛星は、アメリカの「チャンドラ」とヨーロッパの「XMM—Newton」、日本の「すざく」の3つです。「チャンドラ」はX線のイメージング能力が高い、「XMM—Newton」はX線望遠鏡の面積が広い、「すざく」は広いエネルギー範囲を高い感度で測定できるという特徴を持ち、それぞれ、数多くの成果を挙げてきました。しかし、学問として次の段階に進むためには、さらなる桁違いの能力が必要であり、それを実現するのが次期X線天文衛星「ASTRO—H」なのです。

「ASTRO—H」には、私たちが国際協力を得ながら独自に作り上げた最先端のセンサが搭載され、数百もの銀河が暗黒物質に閉じ込められた銀河団が衝突する様や、銀河の中心の巨大なブラックホールからのエネルギー放出、超新星残骸中の重元素が宇宙空間に吹き出る様子を観測します。天文衛星というより、むしろ「宇宙はどうして、こんな姿になっているのか」を直接計測する物理学的な衛星だと言えるでしょう。

観測機器の開発技術はガン治療への応用も

——「ASTRO—H」にはどのような観測機器が搭載されていますか。

高橋　特徴的なものとしては、マイクロカロリメータがあります。カロリメータは、簡単に言えば温度計です。50mK（ミリケルビン）という極低温状態で、X線が吸収されて1ミリ秒の間にマイクロケルビンのレベルで変化する温度を精密に測定するというものです。これで撮ったイメージは、今までが64色カラーだとすれば、いきなり2048色総天然色になるようなもので、この検出器で初めて銀河団や超新星残骸のように広がった天体からのX線のドップラー分光が可能になります。

さらに、硬X線望遠鏡「HXT」とその焦点面に置かれる、新しい半導体を使った硬X線イメージャー「HXI」を搭載します。「HXT」は名古屋大学で世界に先駆けて研究していた、薄膜をたくさん積み重ねた特殊な望遠鏡です。「HXI」は、高いエネルギーのX線（硬X線）が透過しないだけの密度を持った新しい半導体を用いて、私たちが10年ほど前に開発に成功したもので、高いエネルギー分解能とイメージング能力を併せ持ちます。CCDのようなシリコン半導体を使った検出器では、10キロ電子ボルト以上のエネルギーを持ったX線はほとんどが透過してしまうのですが、「HXI」は、透過能力の高い硬X線に対して優れた性能を発揮します。

また、ソフトガンマ線検出器「SGD」も搭載します。コンプトンカメラとも呼ばれるセンサで、0・3～600キロ電子ボルトという広い範囲の感度を持つカメラです。作製は不可能と言われていましたが、日本の高密度実装技術などを投入して完成し、初めて衛星に搭載することになりました。

そして、軟X線撮像検器「SXI」X線CCDカメラは、大阪大学と日本の民間企業が長い間の共同研究の末に作り上げたもので、X線天文衛星になくてはならないセンサです。「ASTRO—H」のX線CCDカメラは視野が広いことが特徴で、1回の観測で広い範囲を撮影できます。

——センサ技術は他の分野へも応用できるそうですね。

高橋　その通りです。たとえば、がんの診断を放射線を用いて行う際、いろいろな検出器で何回も検査しないといけない場合があります。私たちが開発したコンプトンカメラを使うと、複数の核種からのガンマ線を同時に撮像でき、検査を1回で済ますことができる可能性があります。現在、群馬大学医学部や原子力機構との共同研究を行っています。そのほか、ガンマ線で写真を撮って放射線源の位置や強度、種類を遠くから知るような放射線モニターカメラにも応用可能です。マイクロカロリメータも、電子顕微鏡のイメージャーとして実現すれば、とても微量で識別すらできなかった成分を見分けることができるようになります。

宇宙科学は、先端技術のさらにその先の技術開発を要求します。多くの企業と共同開発を進めていますので、今後、民間へのフィードバックへとつながっていくでしょう。

——日本の技術力が活用されているのですね。

高橋　これまでの検出器は、地上で使われていた技術を宇宙用に改造したものでしたが、「ASTRO—H」に関しては、日本の誇る技術、人材、そして国際協力によって生み出された4つの最新鋭検出器を搭載した、とても特徴的なミッションだといえます。

日本が主導する国際プロジェクト

——国際協力はどのような形で行われるのでしょうか。

高橋　世界の科学者160人以上からなるサイエンスワーキンググループ（SWG）を立ち上げていて、打ち上げ後にどのようなターゲットを観測すれば、「ASTRO—H」の能力を最大限発揮し、目指すサイエンスの謎を解くことができるかを決めます。最初はSWGが観測を主導しますが、その後、世界中から公募を行います。

また、「ASTRO—H」プロジェクトには、早い段階からNASA、ESA、JAXAが独自に公募したサイエンスアドバイザーが派遣されています。世界のトップレベル大学との人材交流を行う計画もあり、プロジェクトを通じ、日本の大学の若手研究者が海外の研究者と議論することで、大きく育っていってくれると考えています。

——どのような国々が「ASTRO—H」プロジェクトに参加しているのでしょう。

高橋　アメリカのほかに、オランダ、スイス、アイルランド、イギリス、フランス、カナダなどです。「ASTRO—H」は、プロジェクトの規模が大きく、本体自体も重量2・7トン、全長14mと巨大ですから、スケジュール管理だけでも大変です。国際協力においては、どこかの国が中心となり、共同作業を円滑に進めながら、強いリーダーシップを発揮しないといけません。5機のX線天文衛星を打ち上げ、この分野をリードしてきた日本が率いるからこそ、世界から大きな期待を寄せられています。「ASTRO—H」は、あらゆる意味で挑戦的なプロジェクトですが、JAXAにとって「ASTRO—H」を成功させることは、世界に対する責任を果たすことでもあると考えています。

——最後に、「ASTRO—H」でぜひ観測してみたいものを教えてください。

高橋　「ASTRO—H」は、日本の、そして世界のX線天文コミュニティの希望の星です。多くの観測提案がすでに議論されています。私自身は、宇宙における高温ガスの、ダイナミックな動きを観測したいですね。また、大質量ブラックホールが銀河や銀河団などの天体の形成にどう関わっているのか、それはどうして可能なのか、基本原理を解明したいです。そして、もっとも望んでいることは、〝ビッグサプライズ〟です。世界最高性能の検出器を搭載するのですから、世界を驚かせる発見を「ASTRO—H」は必ず私たちにもたらしてくれると確信しています。

「ASTRO-H」に搭載された観測機器

打ち上げ時期	2013年度予定
打ち上げ場所	種子島宇宙センター
打ち上げロケット	H-ⅡAロケット
全長	約14m
質量	約2.7t

X線を集める

軟X線望遠鏡
X線は波長が非常に短いため、可視光のレンズや鏡を使うことはできない。滑らかな金属面をもったフォイルを年輪のように並べ、大きな開口面積を持つ軽量な望遠鏡により軟X線を集める。

硬X線望遠鏡
10キロ電子ボルト以上のX線（硬X線）は、波長がさらに短いため、硬X線望遠鏡は、特殊な薄膜のコーティング技術で作った多層膜を使ったフォイルにより硬X線を効率よく集める。

エネルギーを精密に測る

軟ガンマ線検出器
世界で初めて日本が開発に成功。複数の半導体検出器の層で作られ、ガンマ線の入射方向を精密に測定できる半導体コンプトンカメラを使い、従来に比べて高感度でガンマ線観測を行う。

軟X線分光検出器（マイクロカロリメータ）
50mK（ミリケルビン）という極低温状態に保たれた超高感度な温度計を使って、0.3～12キロ電子ボルトのエネルギーを持つ軟X線によるわずかな温度変化を検知する事でX線のエネルギーの超精密測定を行う。

画像を撮影する

軟X線撮像検出器
国産の低雑音大面積CCD素子を用い、広い視野でのX線撮像を行う。

硬X線撮像検出器新型カメラ
日本の優れた半導体技術を用い、硬X線望遠鏡で集めた硬X線を撮影観測する高分解能硬X線イメージャー。

©池下章裕

ASTRO-H ミッションスケジュール（計画）

2007　2008　2009　2010　2011　2012　2013　2014　2015　2016

概念検討設計フェーズ
計画決定フェーズ
基本設計フェーズ
詳細設計フェーズ
製作フェーズ
総合試験・打ち上げ
打ち上げ
初期運用 試験観測フェーズ
定常運用 公募観測

すざく美術館

2005年7月に内之浦宇宙空間観測所から打ち上げられた「すざく」は、日本で5番目のX線天文衛星として観測運用が続けられている。その高い感度と分解能、すなわち「よりかすかなX線をつかまえ、わずかなエネルギー（波長）の違いを見分ける能力」に加え、「より幅広いエネルギー領域のX線をとらえる能力」で、次々と新たな発見をもたらした。可視光や赤外線でとらえられた天体をX線で精査する、あるいはX線で見つかった天体を他の波長で観測することで、超高温のプラズマがひしめき合い、銀河と銀河がぶつかりあう激しい宇宙の姿が見えてくる。「すざく」の観測成果を伝える美しい画像をご紹介する。

Recombining Plasma in Jellyfish Nebula
(2009)

約4000年前に起きた超新星爆発の名残りである「クラゲ星雲（Jellyfish Nebula）」をX線で観測すると、数百万度（画像の緑や紫の領域）という高温のガスを見ることができる。「すざく」はここで、ケイ素（Si^{14+}）やイオウ（S^{16+}）などの完全電離したイオン（電子をすべてはぎとられむき出しとなった原子核）を発見。超新星爆発のメカニズムの解明に大きな手がかりを与えた。

（H. Yamaguchi et al., 2009 ApJ 705 L6　オレンジ色の画像はハッブル宇宙望遠鏡による可視光画像）

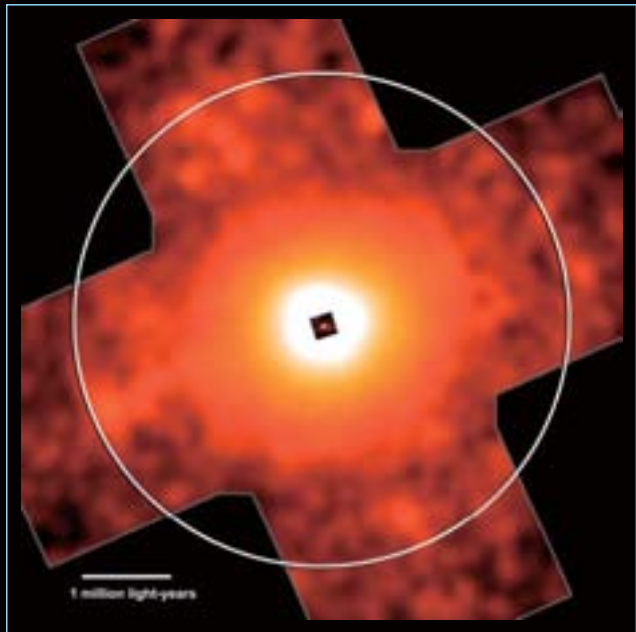
Baryons in Perseus Galaxy Cluster
(2011)

2億5000万光年を隔てたペルセウス座銀河団を「すざく」で精査したところ（２方向に伸びるカラー画像）、この銀河団の直径が1160万光年と見積もられたばかりでなく、高温のガス（バリオン）は周辺部にも存在し、予測を満たす十分な量があると分かった。銀河団の生成過程を知るだけでなく、ダークマター研究の進展につながる成果。

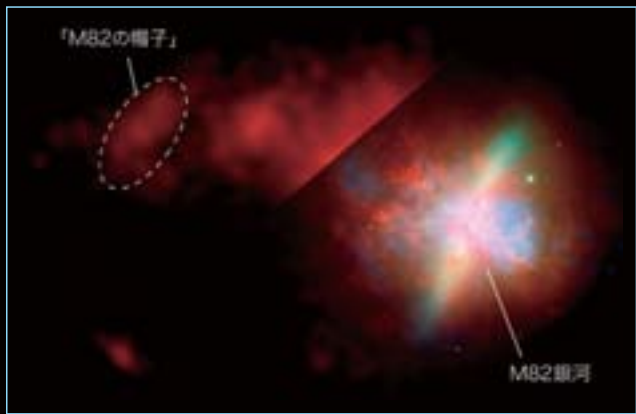
（©NASA/ISAS/DSS/A. Simionescu et al.; inset: NASA/CXC/A. Fabian et al）

The Birth of Carbon in Planetary Nebula, BD+30 3639
(2006)

5000光年の距離にあるドーナツ状のこの天体は、星の終末期に放出されたガスや塵が太陽系の100倍ほどの大きさにまで広がった惑星状星雲と呼ばれるもの。「すざく」はここで、星の内部で作られた大量の炭素が宇宙に放出されている現場をとらえた。われわれの体を構成する元素も、宇宙のどこかでこうして生まれたもの。左はハッブル宇宙望遠鏡の、右が「すざく」の画像。

（M.Murashima et al., Suzaku Observation of BD+30 3639）

Hot Gas Throughout the Galaxy Cluster, PKS 0745-19
(2005)

13億光年の距離にある銀河団でのガスの分布を明らかにした。中心から560万光年の距離では2,500万度だが、110万光年に近づくと9,100万度とさらに高温になっている。この種の天体の全体像をX線で精査したのは「すざく」が初めて。

（©NASA/ISAS/Suzaku/M. George, et al.　Inset: NASA/STScI/Fabian, et al）

The Cap of Starburst Galaxy, M82
(2006)

おおぐま座のM82銀河から3万8000光年離れた場所にある「M82の帽子」と呼ばれるプラズマの塊に狙いを定めた「すざく」は、そこで酸素、ネオン、マグネシウム、ケイ素など大量の重元素を発見した。M82銀河は星の生成が盛んなスターバースト銀河と呼ばれるが、ここで起きた1万個以上の超新星爆発でプラズマが吹き飛ばされ、この帽子が作られた。

（左半分が「すざく」、右半分はNASAのX線、可視光、赤外線天文衛星の合成画像　X線: ©NASA/CXC/JHU/D.Strickland　可視光: ©NASA/ESA/STScI/AURA/The Hubble Heritage Team　赤外線: ©NASA/JPL-Caltech/Univ. of AZ/C. Engelbracht）

Suzaku Museum

イトカワ試料初期分析の舞台裏を聞く

7年の旅を経て地球に届けられた小惑星イトカワの「微粒子」は、太陽系の起源に迫るうえで、人類初の貴重なサンプル（試料）だ。2010年6月の「はやぶさ」の地球帰還以来、相模原キャンパスで細心の注意のもとキュレーション作業が進められ、11年1月から初期分析が始まっている。これらを扱うのは、実技も含めた二度にわたる選考を経て選ばれた「初期分析チーム」。そのうちの1人、首都大学東京の海老原充教授（宇宙化学）に分析の舞台裏を聞いた。（取材・構成／喜多充成）

海老原 充
EBIHARA Mitsuru
首都大学東京
大学院理工学研究科　教授
宇宙・地球化学、放射化学が専門。今回のイトカワ試料分析は京都大・金沢大との共同研究として取り組む。また、東電福島第一原発事故に際しては、日本地球化学会会長として「第五福竜丸事故や広島・長崎にかかわった先達に続け」と、放射性物質の測定に関するボランティア参加を研究者に呼びかけた

サンプルを見失ってしまった!?

――貴重な貴重なイトカワのサンプル、先生のお手元にはどんなふうに届いたんですか？

海老原　配布されるのではなく、取りに行くのがルールです。私の場合は九州大学の北島富美雄先生の研究室にうかがいました。今年の2月7日のことでした。

――特別な容器に収められた状態で受け取るわけですか？

海老原　いえ九大で分析に使われたサンプルホルダーから、こちらで用意した人工石英のプレートに移し替え、持ち帰ります。プレートの直径は1cmほどで、中央に直径1mmほどのくぼみを設けている。そのくぼみにサンプルを移し、人工石英のプレートでフタをする。

――サンプルの大きさは？

海老原　100マイクロメートル×180マイクロメートルほどのものが1つ。肉眼でもなんとか見えるサイズで、イトカワのサンプルの中では最大クラスです。

――ますます貴重ですね。

海老原　作業前にも「超国宝級だね」「グラム当たり何百億円になるやら」なんておどかされるわけです。双眼顕微鏡をのぞきながら、ガラス製のキャピラリ（針）で拾う作業に入ったら……。

――すんなりと？

海老原　いえ、針先でピッとはじけて、顕微鏡の視野から消えてしまった。見失ってしまったんです。

――えっ――！

海老原　一瞬、血の気が引きました。冷静なつもりでしたが、針の先端が震えていたんでしょう。ただ外にこぼれたわけではなく、1cm四方ほどの領域の中にあるのは間違いない。すぐ見つかるだろうと思って探しました。しかし朝9時に開始したが、10時になっても11時になっても見つからない……。

――まるで通信の途絶えた「はやぶさ」を探すような……。

海老原　3月にヒューストンの学会で最初の報告をする予定でしたが、設備のスケジュールの関係で、どうしてもその日のうちに持ち帰らないといけなかったんです。この機会を逃すと分析は先送りになり、3月の発表をキャンセルしないといけない。「始末書に何と書こうか」と弱気になったりしましたが、お昼過ぎになんとか発見。これは本当に嬉しかったですね（笑）。

――で、無事移し替えを？

海老原　もう自分でやるのは諦め、宇宙塵（コズミックダスト）の扱いに慣れている九大の岡崎隆司さんにお願いしました。彼はそうした作業のため、ちゃんとフランス製の絵筆を持っている。それでピックアップし、無事移し替え、サンプルを携えて博多から新幹線に。結局移し替えの作業だけで4時間かかってしまいましたね。

中性子を当て、元素を特定する

――サンプルにどんな元素が、どんな比率で含まれているかを調べるため、先生が選んだ「中性子放射化分析」という手法は、どういう特徴を持つ分析方法なんでしょうか？

海老原　1950年代から60年代にかけ実用化された画期的な手法ですが、いまだにその価値は変わりません。非常に感度が良く、正確な値が出せる。そして試料を壊さずに分析できるからです。まず分析は、「中性子」をサンプルに当てることから始まります。

――中性子は原子核を構成する、電荷を持たない素粒子ですね。

海老原　標的の原子核が中性子を吸収すると、不安定な状態になる。それが安定な状態に戻ろうとするときに放射線を出す。「放射化」というのは、対象物に放射線を出す能力を持たせるという意味で、出てくる放射線はガンマ線が主体です。

――ガンマ線はX線よりさらに波長が短くエネルギーの高い電磁波……。

海老原　出てくるガンマ線のエネルギーは物質に固有のものなので、精密に測定すると、その物質が何であったかが分かる。これが原理です。

――ちょうど中性子がバチで、サンプルが木琴で、叩いて出る音（ガンマ線）の音色をよく聞くことで、どんな音階の板（元素）が並んでいるかが分かる……。

海老原　分かりやすいたとえだと思いますね。隕石の分析にも長年使われてきた実績があり、宇宙化学という学問領域を大きく広げてきた分析手法でもあります。

――しかし中性子は、そう簡単に手に入るものではないですよね？

海老原　大量に欲しいときは原子炉が必要です。新幹線を乗り換えて向かったのが、関西空港近くの大阪府熊取町にある京都大学原子炉実験所。そこで翌8日の朝からサンプルに中性子を照射しました。

――実験用原子炉の利用スケジュールが決まっていたから、福岡で冷や汗をかいていたわけですか（笑）。

海老原　ええ、間に合ってよかった（笑）。さらに翌9日には照射を終えたサンプルを別の新しいプレートに移し替える作業がありました。プレートも放射化されており、ノイズ源となってしまうためです。この作業は共同研究者である京都大学の関本俊さんと一緒に。

――移し替えはすんなり？

海老原　やはり4時間（苦笑）。途中気持ちを落ち着けるための休憩時間も入れてなんですが。事前にホンモノの隕石で行ったリハーサルは、もっと小さな粒子でした。そのときより粒が大きかった分、かえって手間取ってしまいました。

――ハラハラドキドキは探査機だけではなかったんですね（笑）。

次々と〝見えてくる〟元素に興奮

――計測はどのように？

海老原　ゲルマニウム半導体検出器というものを使います。高感度で高分解能、つまりかすかな音（ガンマ線）を聞き取り、その音階（エネルギー値）を聞き分けられる検出器です。これがあるから、この分析手法が成り立っています。ノイズ源となる自然界からの放射線を遮るため、サンプルと検出器を鉛のブロックで囲い、検出器その

中性子放射化分析の概念図

中性子
標的核種
中性子捕獲不安定核種
即発ガンマ線
（高励起状態）
壊変ガンマ線
測定器
（低励起状態）
壊変核種

ものも液体窒素で冷却しながら、長時間かけてデータを取得していきます。

――測定器の画面を見ていると、グラフにガンマ線が……。

海老原　出てきましたよ、ナトリウム、クロム、鉄、コバルト、ニッケル、マンガン……。金もありましたし、イリジウムが見えたときには興奮しました。

――予想を超える成果だと?

海老原　当初、グラム単位の量のサンプルを持ち帰ることを前提に計画を立てていました。うまくいけば、小惑星の「かけら」が手に入るから、と。

――結果としては「かけら」というよりは「微粒子」でした。

鉛のブロックに覆われた検出器(左は内部)。
下部のタンクには検出器を冷却する液体窒素が入っている

海老原　実は分析するまでは内心、心配していたんです。「持ち帰ることができたのは素晴らしいが、量が少ないので、統計的に意味のあるデータを出すのは難しいのではないか」と。しかしまったく杞憂でした。

――科学的に意味のあるデータを取得するうえで、量の少なさが問題になることはなかった?

海老原　人間は困難に向かえば、それを何とか克服しようとするものです。量が少ないなら少ないなりに知恵を出し合い、議論を重ね、技術や道具を改良しました。結果的に量の少なさがハンデになるようなことは、1つもありませんでした。ここで分かった元素の存在比などの情報は、今後の研究の大きな足がかりとなります。

――それを聞いて喜ぶ人は多いと思います。

海老原　私も分析を無事終えて、寝覚めがすごくよくなりました。気づかないうちにプレッシャーを感じていたんですね(笑)。

「あきらめない姿勢」に影響された

――もともと先生は、地球外物質である「隕石」の分析をたくさん手がけてこられた。

海老原　太陽系を構成する元素の組成を大きな研究テーマにしてきました。サンプルリターン計画ということでいうと、NASAのジェネシス計画にも長年かかわっていたんです。

――太陽から吹き出すプラズマ粒子を宇宙空間でキャッチし、地球に持ち帰ろうという、いわば原子レベルのサンプルリターン計画……。

海老原　責任者であるカリフォルニア工科大学のドン・バーネット教授とは古くからの友人で、捕集プレートの製作など足かけ8年ほどミッションの準備にかかわっていました。サンプルを収めたカプセルは2004年9月に地球に再突入したのですが、最後のパラシュートが開かず地面に激突、機器も壊れてしまいました。

――ごく微量のサンプルだけに、壊れて砂まみれになるのは致命的なのでは?

海老原　しかしコンタミ(不純物)を克服する努力を重ね、今も科学的な成果を出し続けているんです。新たなサンプルハンドリングの手法や知見もそこから生まれています。今回のイトカワサンプルの分析で、そうした手法が直接生かされたわけではありませんが、バーネット博士の「絶対にあきらめない姿勢」には大いに影響を受けています。

――3月のヒューストンの学会では?

海老原　取得できたばかりのホットなデータを携えてヒューストンに赴き、ホテルの部屋で発表の資料をまとめながら、共同発表者で同僚の、白井直樹さんと、とことん議論を続けました。データをどう解釈し、何が導きだせるのかについて。そこでの議論で大きな進展がありました。現在は論文発表の準備を進めているところです。

――「大きな進展」については、あらためて伺う機会を楽しみにしています。ありがとうございました。

1cm

イトカワサンプル

くぼみを設けた人工石英製のプレートでサンプルを扱う
提供:海老原充氏

大きな賞賛を浴びたヒューストンでの成果報告

太陽系探査や惑星科学の分野で最大の学会がLPSC(月惑星科学会議)です。アポロ計画以来の歴史を誇り今回で第42回を迎えるこの学会が、3月7日～11日にテキサス州ヒューストン市で開かれました。

今回、主催者側からの強い要望を受け、イトカワ由来の微粒子の初期分析についての特別セッションを、学会の最終日となる3月11日に開催しました。セッション名は"RESULTS FROM HAYABUSA!"と、題名に「!」が入ってしまうほど大きな期待が寄せられていました。

しかしこのタイミングでの学会発表は、研究者にとっては非常につらいものがありました。サンプルを配布し初期分析が始まったのが1月の下旬のこと。研究者もサンプルも分刻みのスケジュールで日本中を移動しながら分析と検討を進め、現在進行形の議論を呈示するような報告の場となったわけです。科学的成果の報告ということでいえば、「最も早い中間報告」というような言い方になるかと思います。

この中間報告では、予想外の事実が飛び出したというよりは、予想通りだったことが確認できたことはいくつもあり、それが大きな収穫であると受け止められました。

「予想通りだったことが、そんなに重要なことなのか?」と思われるかもしれませんが、ニュースバリューという意味では物足りないのかもしれません。

ですが科学者にとって「～だろう」と「～である」は大きな違いです。それを埋めるのが科学者の仕事だと言っても、言い過ぎではないほどです。分野は違いますが、数学の世界でも「フェルマー予想」というのがありました。予想から360年後に証明され「フェルマーの最終定理」となりました。このチャレンジが学問としての数学を大きく進歩させたといいます。

太陽系の起源と進化を解き明かそうという試みも、大変に大きなチャレンジです。これは巨大なクロスワードパズルを解くことに似ているかもしれません。これまでも隕石の分析や地上観測、小惑星の遠隔観測などをヒントにマス目を埋めてきましたし、さまざまに予想をし、候補となる語が上がっているマス目もある。しかしまだ自信を持っては書き込めないマス目も多い。そこに「小惑星サンプル」は重要なヒントをいくつも提供してくれました。これまで状況証拠でしかなかったところに、動かぬ物証をもたらしてくれたわけです。そして新たに埋まったマス目が新たなヒントとなり、クロスワードパズルの全体像に迫ることができます。太陽系の起源と進化をつかむ上での大きな進歩であったと、セッションに参加した各国の科学者から大きな賛辞をいただきました。はやぶさの遠隔観測の成果を発表した2006年のLPSCでは、プロジェクトの関係者は満場のスタンディングオベーションを受けました。今回もそれに匹敵する反響だったと思います。

「サンプルの状態が非常に良い。初期分析もスターダストと変わらぬ短期間なのに、はるかに素晴らしい成果だ」(米ワシントン大学・ブラウンリー教授)

「素晴らしい研究成果だ。小惑星表層物質がどのような衝撃変成作用を受けてきたか、明らかになると期待している」(NASA/JSC・ハーツ博士)

「緻密に考え抜かれたサンプルハンドリングと分析法に感動した。われわれのグループもぜひ公募分析に参加し、詳しい分析を行いたい」(英オープン大学・グラディー教授)

ところでセッション当日の3月11日は、東日本大震災の日でした。初期分析チームの東北大学の中村智樹先生と茨城大学の野口高明先生の研究室にも大きな被害が出て、急いで帰国し復旧に取り組んでおられます。厳しい状況の中ですが、一刻も早い復旧・復興をお祈りし、我々も出来る限りの協力をしつつ、次なる成果に向け努力を続けていきます。(談)

安部正真
ABE Masanao
宇宙科学研究所
固体惑星科学研究系　准教授

欧州宇宙機関(ESA)の月探査プロジェクトを指揮したベルナール・ホワン博士(左)とポスターセッション会場でのスナップ

「手に取る宇宙」の舞台裏

芸術家が宇宙機関とコラボレートする日本ならではのユニークな試みが、「きぼう」文化・人文社会科学利用パイロットミッション。第1期10テーマの掉尾を飾る「手に取る宇宙 Message in a Bottle」は、野口聡一宇宙飛行士もかかわった「宇宙庭」（本誌32号で紹介）の代表提案者でもある、京都市立芸術大学の松井紫朗准教授によるもの。〝宇宙の詰まった〟ガラスのボトルを核とする芸術ミッションだ。

上:EVA終了後に収納場所へ移送される途中の、宇宙が詰められたボトル（一緒に写っている人物は第26次長期滞在クルーのキャスリン・コールマン宇宙飛行士）
左:実験の様子が映し出されたモニター画面
©JAXA/NASA

日本時間の2011年3月1日午前1時前から始まったスティーブ・ボーエンとベンジャミン・アルヴィン・ドルーJr.両宇宙飛行士によるEVA（船外活動）は、ISS（国際宇宙ステーション）の機能維持のための部品交換やケーブル敷設などの作業を順調に終え、予定を少し前倒した午前6時40分ごろから最後のタスクに入った。船外に持ち出したガラスのボトルに〝宇宙を詰める〟という作業だ。

「モニター画面を見守っているうち、（宇宙飛行士のヘルメットに装着された）カメラの画像がどんどん明るく、景色が変わっていったんですね。宇宙飛行士の目線が、それまでの作業を確認するためのカメラワークから、〝宇宙を採取し、その記念撮影をする〟にふさわしい場所を探す、外を眺める目線に切り替わった。彼らの気持ちがパーッと外に向いていったことが、カメラワークを通じて伝わってきて、思わず『よしっ!』と声援してしまいました」（松井准教授）

しかもそのとき、ヘッドセットから流れていたのは80年代の人気ロックバンド、ザ・ポリスのヒット曲「Message In A Bottle」だった。

「NASAの地上運用支援の担当が気を利かせてくれたんです。宇宙飛行士へのモーニングコールで曲を流すのは恒例ですが、EVAで音楽が流れたのを聞いたのは初めてです。しゃれたことやってくれますよね」（ともに作業を見守ったJAXA宇宙環境利用センター主任開発員の田淵光彦）

20分間あまりの作業を終え、モニター画面に映し出された宇宙飛行士のグローブのOKサインに、松井准教授も同じサインで応え、笑みがこぼれた。

〝ボトルに宇宙を詰めて、持ち帰る〟というアイデアは、とてもシンプルなもの。そして前例のない試みでもあった。この着想が最初、宇宙開発の関係者にどう受け止められたのか。松井准教授は興味深いエピソードを語ってくれた。

「2002年の夏にヒューストンで日本人宇宙飛行士と話をする機会（※）があり、そのときこのアイデアをお話ししました。向井さんには『宇宙は真空でしょ? えっ? どういうこと?』と言われましたが。そうしたら野口さんが、それを『いわば甲子園の土なんです。その場に行った記念の品なんです』と通訳してくれた（笑）。土井さんは『ISS近傍はまだガスが漂うなど真空度が低い。月の裏側でならもっと〝いい真空〟が手に入るし価値も高い』、若田さんは『やるなら「きぼう」ができ上がってからのほうがいいでしょうね。もし自動機構を作るならこんな構造で……』と、もう計画が動き出したかのよう。聞いている僕たちを残して、4人の宇宙飛行士で熱いディスカッションが始まってしまうほどでした（笑）」

宇宙飛行士の発想をも自由に羽ばたかせる「宇宙そのものを手にする」という、このアイデアのシンプルさと強さが、多くの関係者を巻き込んだ。「NASAの担当者に初めて話したときにも〝That's Cool!〟と歓迎されました。ボトルの材質や構造、封止の機構、操作のしやすさ、デブリになることをどうやって避けるか……。NASAにとってもEVAでの芸術ミッションは初めての経験です」（田淵主任開発員）。多くの関係者の支持と協力を得て問題を1つ1つクリアし「宇宙を詰め込む」タスクが達成された。

「ただ芸術作品としては、ここはまだ折り返し地点。地上に持ち帰られたボトルやISS内でビデオに収められた宇宙飛行士のメッセージ、あるいは船外で撮影された写真などの素材を、どうやって展示するか（※※）という大きな仕事が残っています。

さらに、この作品を見て触れた人が、何を感じ、何を考えたかというメッセージも残せるようなしくみを作りたい。将来にわたってこの作品が〝成長していく〟ようにしたい」（松井准教授）。

人間と自然の関わりを宇宙船内に持ち込んだ「宇宙庭」と、宇宙そのものをボトルに閉じこめて地上に持ち帰る「手に取る宇宙」は対をなすものともいえる。このボトルに触発されどんなメッセージが生まれていくのか、見守っていきたい。

（文・喜多充成）

松井紫朗
MATSUI Shiro
京都市立芸術大学准教授
「Message in a Bottle 回収成功! 時空を超えて、sense of wonderを育ててください」

（※）共同研究「宇宙への芸術的アプローチ（AAS）」（京都市立芸術大学、JAXA）の一環として行われたインタビュー。
（※※）2011年6月11日から豊田市美術館（愛知県豊田市）で公開される「松井紫朗―What the Tortoise Said to Achilles」展において公開される予定。

JAXAタウンミーティングに行こう JAXAタウンミーティングを呼ぼう

「JAXAタウンミーティング in 岸和田」の会場

JAXAタウンミーティングとは

JAXAでは全国各地で「JAXAタウンミーティング」を年10回程度行っています。JAXAタウンミーティングは、地元の一般参加者とJAXA職員が直接対話しながら日本の宇宙航空分野の研究・開発のあり方について意見交換する場です。講師から聴衆へとやや一方向に情報が伝達されて終わりがちな講演会やシンポジウムとは違って、大部分の時間が出席者との意見交換に割かれています。最近はやりのサイエンスカフェや、宇宙科学研究所が二十余年続けてきた子ども向けの「宇宙学校」とは、フロアからの質問への回答や自由な雰囲気での意見交換が重視される点では共通しますが、タウンミーティングでは対象を高校生以上に絞り、ふだん報道ではなかなかお伝えすることのできないJAXAのビジョンをお伝えしたり、今後あるべき姿について提案いただいたりすることに重きを置いています。実際にプログラムも、登壇者2名がそれぞれ約1時間の持ち時間のうちの15分ぐらいで話題提供をしたあとで、残りの時間を使って参加者の方からの意見や質問をおうかがいし、登壇者と広報部長とで回答するという構成になっています。このような参加者とのやりとりは後日文字に起こされ、アンケートの集計結果とともにホームページで公開されます。抄録はJAXAの理事会議でも報告され、経営判断の際の重要な資料となっています。
http://www.jaxa.jp/townmeeting/

全都道府県制覇も間近

2004年度から始まったタウンミーティングは10年度末で60回を数えました。ほぼすべての都道府県で実施され、参加者数も8,000名を超えています。私は10年度にはタイミングが合わずに一度も登壇できませんでしたが、07年度には（新任にもかかわらず）3回、08年度には2回、09年度にも1回登壇し、10年度には「はやぶさ」の現場を支えた関係者が続々と登壇しました。このように、答弁慣れしていない職員が登壇して研究者として伸び伸びと回答するところも面白味の1つで、その様子はホームページでも垣間見ることができます。

共催団体の通年公募を開始

このようにJAXAタウンミーティングは、普段から宇宙や航空に関心のある方を待ち受けるのではなく、われわれの方から積極的に町に出ていくことで日頃あまり宇宙や航空に関心のない方と触れ合って意見交換することを目指したイベントです。JAXAは宇宙や航空に関心のある方へのパイプは持っていますが、幅広い層を集客するためには、地域と太いパイプを持つ共催団体の役割が極めて重要です。そこで、JAXAではタウンミーティングを共催いただく団体を募集して、共同で実施しています。登壇者にかかわる経費はJAXA側で負担し、共催団体側には会場の手配や参加者の募集・周知をお願いしています。これまでは科学館や自治体や大学が主でしたが、NPO法人などとの共同開催もありました。

公募に当たっては、10年度までは募集期間を設けていましたが、共催者側の事情に柔軟に対処するために、今後は随時受け付けることとしました。テーマについては、宇宙航空分野の研究・開発に関する内容の中から、共催団体とJAXAとで協議して決めていきます。開催場所と日程についても、共催団体からの提案をもとに、登壇者のスケジュール等を調整しながら決定します。

宇宙航空分野の話題に事欠かない昨今ですが、皆さん1人1人が、もっとこうすべきではないかなどのご意見をお持ちなのではないかと思います。タウンミーティングはそのアイデアをJAXAにぶつけるよい機会です。ぜひ生の意見交換にご参加いただくとともに、できれば企画サイドに回ってタウンミーティングを共催いただきたいと思っています。

阪本成一
SAKAMOTO Seiichi
宇宙科学研究所教授/宇宙科学広報・普及主幹。専門は電波天文学、星間物理学。宇宙科学を中心とした広報普及活動をはじめ、ロケット射場周辺漁民との対話や国際協力など「たいがいのこと」に挑戦中。写真はタウンミーティングで登壇中の筆者

東日本大震災へのJAXAの取り組み

第1回

陸域観測技術衛星「だいち」緊急観測を実施

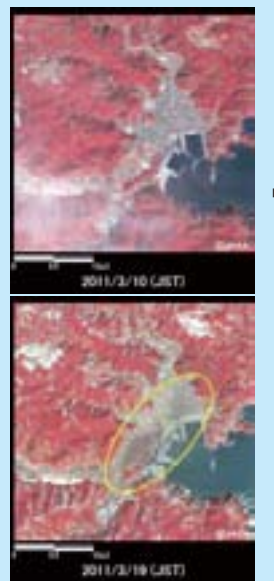
東日本大震災では東北から関東まで、広範囲にわたり地震や津波の被害を受けました。大規模災害の状況を速やかに把握するため、「だいち」は3月12日より継続して被災地域の緊急観測を行いました。下右の画像は地震前の3月10日と地震後の3月19日に、「だいち」搭載の高性能可視近赤外放射計2型(※)(AVNIR−2：アブニール・ツー)で観測した岩手県宮古市田老地区を拡大したものです。黄枠内に田老堤と呼ばれている高さ10mの防潮堤が見えますが、津波が田老堤を越えて内陸側の建物を倒壊させた様子が分かります。

このように市町村レベルでの被害状況を把握するため「だいち」画像の解析と判読を行っています。左画像は3月14日に、同じく「だいち」のAVNIR−2で、被災した東北地方を含む地域を撮影した画像です。このように広範囲を一度で観測できるのは人工衛星ならではの強みであり、災害時の状況把握に役立ちます。

また、国際災害チャータ(※※)やセンチネルアジア(※※※)など国際協力の枠組みを通じて、海外の約20機の衛星からの画像提供を受けています。JAXAでは、内閣府をはじめとする防災関係省庁、並びに地方自治体等に画像を提供しています。「だいち」以外の人工衛星による支援等については、次号のJAXA's 39号でお届けする予定です。

(※) 青域から近赤外域の電磁波を4つのバンドで観測することができる光学センサで、衛星直下を観測の際には幅70kmの範囲を地上10mで識別できる能力がある

(※※) 宇宙機関を中心とする災害管理に係る国際協力の枠組み

(※※※) アジア太平洋域の自然災害監視を目的とした国際協力プロジェクト

●「だいち」災害情報
(ALOS解析研究プロジェクト)
http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/gallery/lib_data/j3disaster.htm

●「だいち」「きずな」「きく8号」
東日本大震災関連情報
http://www.satnavi.jaxa.jp/

宇宙飛行士からのメッセージ

JAXAでは、ISS長期滞在中の宇宙飛行士により被災地の緊急観測を行うとともに、被災された方々に向けて若田、古川宇宙飛行士らのメッセージをJAXAウェブサイトで公開しています。古川宇宙飛行士はメッセージの中で、「現在私が訓練を続けているヒューストン市の地元の新聞（3月13日付「The Houston Chronicle」）には、“Quake doesn't damage Japanese selflessness”（地震は日本人の無私の心までは傷つけられない）というタイトルの記事が載りました。混乱の中でも、救急隊員の方に対する感謝や自分のことより他人のことを思いやる精神の高さを称えています。また日本人に身についている規律や冷静さということは、困難な状況の中でも維持されていると称えています」と、日本を励ますメッセージを紹介しました。さらに古川宇宙飛行士は、4月13日にモスクワ近郊のガガーリン宇宙センターで行われた公開訓練後の記者会見で、6月はじめからの約6カ月間のISS滞在中に、被災地の皆さんと対話したいと考えていると述べました。4月12日にISSと地上とを結んで行われた記者会見では、ISS滞在中の米・露・欧州の宇宙飛行士6人より、日本の被災地を気遣い励ますメッセージが送られました。

●JAXA宇宙飛行士、宇宙飛行士候補者からのメッセージ
http://iss.jaxa.jp/topics/2011/03/110324_astronaut_msg.html

INFORMATION 1

若田、野口宇宙飛行士らガガーリン宇宙飛行50周年記念式典へ出席

1961年4月12日にガガーリン宇宙飛行士が人類初の有人宇宙飛行を達成してから、今年で50周年を迎えました。4月11日、モスクワの宇宙飛行士博物館において、ロシアの宇宙関係者や各国宇宙機関の代表、宇宙飛行士など約300人が出席して記念式典が開催されました。JAXAからは若田宇宙飛行士らが出席し、白木理事が祝辞を述べました。翌12日にはクレムリン大宮殿ホールで、有人宇宙開発に貢献した宇宙飛行士に国際的功績を称えるメダルの授賞式典が行われました。日本人では、秋山宇宙飛行士、若田宇宙飛行士、野口宇宙飛行士の3名が受賞。授与式には野口宇宙飛行士が代表で列席し、メドベージェフ大統領よりメダルを授与されました。

記念式典で挨拶する白木理事(左)、メドベージェフ大統領からメダルを授与される野口宇宙飛行士(右)

INFORMATION 2

「はやぶさ」「HTV」が2011年度科学技術分野の文部科学大臣表彰を受賞

4月11日、科学技術に関する研究開発、理解増進等において顕著な成果を収めた者の功績を讃える「科学技術分野の文部科学大臣表彰」が発表され、『小惑星探査機「はやぶさ」の地球・小惑星間往復航行と地球帰還技術の確立』として川口淳一郎教授、稲谷芳文教授、國中均教授が「科学技術特別賞」を受賞。『軌道上有人施設へのランデブドッキングと補給技術に関する研究』で、虎野吉彦プロジェクトマネージャ、佐々木宏サブマネージャ、山中浩二ファンクションマネージャが「科学技術賞」を受賞しました。

INFORMATION 3

参加全機関の宇宙機・補給機が国際宇宙ステーションに結合

「こうのとり」2号機ミッション期間中の2月27日、国際宇宙ステーション(ISS)にNASAのスペースシャトル「ディスカバリー号」が到着しました。ISSにはすでにロシアのソユーズ宇宙船に加え欧州の補給機ATVも結合中だったため、ここで初めて、参加各極のすべての宇宙機・補給機がISSに結合することになりました。

写真は富山県のアマチュア天文家・深島智徳さんが、太陽をバックに高速で飛翔するISSを狙ったもので、太陽の黒点とともにシャトルの輪郭まで、はっきりととらえた貴重な「記念写真」です。

「こうのとり」2号機は、ISS長期滞在クルーによる折り鶴を乗せて3月29日にISSから分離され、翌30日に大気圏に再突入。成功裏にミッションを終了しました。

太陽面を通過するISS(左は拡大図)と太陽黒点(右)

「JAXA's」配送サービスを開始しました。ご自宅や職場など、ご指定の場所へJAXA'sを配送します。本サービスご利用には、配送に要する実費をご負担いただくことになります。詳しくは下記ウェブサイトをご覧ください。
http://www.jaxas.jp/

<お問い合わせ先>
財団法人日本宇宙フォーラム
広報・調査事業部
「JAXA's」配送サービス窓口
TEL. 03-5200-1301

JAXA's
宇宙航空研究開発機構機関誌 No.038

発行企画●JAXA(宇宙航空研究開発機構)
編集制作●財団法人日本宇宙フォーラム
デザイン●Better Days
印刷製本●株式会社ビー・シー・シー

2011年5月1日発行

事業所等一覧

大樹町・JAXA 連携協力拠点
大樹航空宇宙実験場
〒089-2115 北海道広尾郡大樹町美成169
大樹町多目的航空公園内
TEL : 01558-9-9013
FAX : 01558-9-9015

能代ロケット実験場
〒016-0179 秋田県能代市浅内字下西山1
TEL : 0185-52-7123
FAX : 0185-54-3189

地球観測センター
〒350-0393 埼玉県比企郡鳩山町
大字大橋字沼ノ上1401
TEL : 049-298-1200
FAX : 049-296-0217

臼田宇宙空間観測所
〒384-0306 長野県佐久市
上小田切大曲1831-6
TEL : 0267-81-1230
FAX : 0267-81-1234

名古屋空港飛行研究拠点
〒480-0201
愛知県西春日井郡豊山町
大字青山字乗房4502-4

角田宇宙センター
〒981-1525 宮城県角田市君萱字小金沢1
TEL : 0224-68-3111
FAX : 0224-68-2860

筑波宇宙センター
〒305-8505 茨城県つくば市千現2-1-1
TEL : 029-868-5000
FAX : 029-868-5988

東京事務所
〒100-8260 東京都千代田区丸の内1-6-5
丸の内北口ビルディング(3～5階)
TEL : 03-6266-6000
FAX : 03-6266-6910

大手町分室
〒100-0005 東京都千代田区丸の内1-8-2
第一鉄鋼ビル5階
TEL : 050-3362-7838
FAX : 03-6259-8740

本社
調布航空宇宙センター
〒182-8522 東京都調布市深大寺東町7-44-1
TEL : 0422-40-3000
FAX : 0422-40-3281

調布航空宇宙センター
飛行場分室
〒181-0015 東京都三鷹市大沢6-13-1
TEL : 0422-40-3000
FAX : 0422-40-3281

勝浦宇宙通信所
〒299-5213 千葉県勝浦市芳賀花立山1-14
TEL : 0470-73-0654
FAX : 0470-70-7001

相模原キャンパス
〒252-5210
神奈川県相模原市中央区由野台3-1-1
TEL : 042-751-3911
FAX : 042-759-8440

内之浦宇宙空間観測所
〒893-1402 鹿児島県肝属郡
肝付町南方1791-13
TEL : 0994-31-6978
FAX : 0994-67-3811

種子島宇宙センター
〒891-3793 鹿児島県熊毛郡南種子町
大字茎永字麻津
TEL : 0997-26-2111
FAX : 0997-26-9100

増田宇宙通信所
〒891-3603 鹿児島県熊毛郡中種子町
増田1887-1
TEL : 0997-27-1990
FAX : 0997-24-2000

沖縄宇宙通信所
〒904-0402 沖縄県国頭郡恩納村
字安富祖金良原1712
TEL : 098-967-8211
FAX : 098-983-3001

関西・JAXA連携協力拠点
関西サテライトオフィス
〒577-0011 大阪府東大阪市荒本北1-4-1
クリエイション・コア東大阪南館1階(2103号室)
TEL : 06-6744-9706
FAX : 06-6744-9708

小笠原追跡所
〒100-2101
東京都小笠原村父島桑ノ木山
TEL : 04998-2-2522
FAX : 04998-2-2360

パリ駐在員事務所
Paris Office
3 Avenue Hoche, 75008
Paris, France
TEL : +33-1-4622-4983
FAX : +33-1-4622-4932

モスクワ技術調整事務所
Moscow office
12 Trubnaya Street,
Moscow 107045, Russia
TEL : +7-495-787-27-61
FAX : +7-495-787-27-63

バンコク駐在員事務所
Bangkok Office
B.B Bldg., Room 1502,
54, Asoke Road., Sukhumvit 21,
Bangkok 10110, Thailand
TEL : +66-2260-7026
FAX : +66-2260-7027

ヒューストン駐在員事務所
Houston Office
100 Cyberonics Blvd.,
Suite 201 Houston, TX 77058 U.S.A.
TEL : +1-281-280-0222
FAX : +1-281-486-1024(G3)
/228-0489(G4)

ワシントン駐在員事務所
Washington D.C. Office
2120 L St., NW, Suite 205,
Washington, DC 20037, U.S.A.
TEL : +1-202-333-6844
FAX : +1-202-333-6845

広報部 〒100-8260 東京都千代田区丸の内1-6-5
丸の内北口ビルディング3階
TEL:03-6266-6400 FAX:03-6266-6910

JAXAウェブサイト http://www.jaxa.jp/
メールサービス http://www.jaxa.jp/pr/mail/
JAXA's配送サービス http://www.jaxas.jp/